

環境大気中水銀の採取方法の検討

Examination of the Sampling Method of Mercury
in the Environmental Atmosphere池田 光広 本田 雄一
Mitsuhiro IKEDA Yuichi HONDA

要 旨

現在、香川県では、環境大気中の水銀濃度について、毎月1回、県下4地点でモニタリングを実施している。平成25年、水銀に関する水俣条約が採択されたことから、今後、水銀に対する規制は、より厳しくなると考えられる。そこで、県下広域的に、現在の環境大気中の水銀濃度を確認しておくため、短時間で採取できる方法について検討した。

検討の結果、吸引流速2.0L/min未満、捕集管2本直列、捕集時間4時間の条件で、環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアルの方法と同等の結果が得られることがわかった。

本方法を用いれば、大気中の水銀濃度調査が容易になるだけでなく、災害時における環境測定等、迅速な情報収集が求められるような場合にも活用できると考えられる。

Abstract

Currently, in Kagawa, we monitor the mercury concentration in the environmental atmosphere once a month in four different spots in the prefecture. After the adoption of the Minamata Convention on Mercury in 2013, it is believed that mercury regulation will become increasingly strict. Therefore, we examined the quicker sampling method to measure the current mercury concentration in the environmental atmosphere across a broad area of the prefecture.

As a result of the examination, we discovered that we could obtain equivalent results to those obtained by the measuring method of hazardous air pollutants in the manual of the Japanese Ministry of the Environment, with an absorption speed of less than 2.0L/min, sampling tube 2 series, over a sampling time of 4 hours.

If we use this method, we believe that it will not only expedite the measurement of the mercury concentration in the environmental atmosphere, but also can be utilized in disasters and emergency situations when the speed of data collection is vital.

キーワード：環境大気中水銀 水銀に関する水俣条約

I はじめに

水銀は、ごみの焼却、石炭の燃焼などの人為発生源や火山などの自然発生源から大気中に放出される。大気中に広く拡散した水銀は、湿性及び乾性沈着によって水中に移行するため、遠隔地域での水中の水銀濃度の増加が懸念されている¹⁾。水中に移行した水銀は微生物によって、メチル化され、生物濃縮により魚に蓄積する。メチル化された水銀はヒトの消化管、血液脳幹門を容易に通過するため、ヒトが水銀に汚染された魚を摂取した場合、神経障害などを引き起こす危険性がある²⁾。

環境大気中水銀については、大気汚染防止法における

有害大気汚染物質のうち、優先取組物質に指定されており、指針値として40ng/m³という値が定められている。環境大気中水銀のモニタリングについては、平成9年度より全国で開始しており、香川県では昭和58年度から測定を開始している。現在では、坂出、瀬居、丸亀、直島の4地点で毎月1回、測定を実施している。この4地点の平均値は、平成17年度頃まで全国平均を上回っていたが、それ以降は、ほぼ同程度の濃度で推移し、現在は、2~3ng/m³となっており、長期吸入に伴う健康リスクの増加は、ほとんどないと考えられる。

しかし、環境省の報告によると、世界では、年間約3800

トン、日本では、約8トンもの水銀が使用されている。また、2010年の世界の水銀の大気排出量は年間約1900トン、日本では約15～20トンであり、現在でも大量の水銀が環境大気中に排出されている³⁾。環境中に排出された水銀は、世界中を循環するため、世界規模での対策が必要になることから、平成25年、水銀に関する水俣条約が熊本県で採択され、平成28年9月時点で日本を含め、世界31カ国が締結している⁴⁾。日本では、条約の締結のために、大気汚染防止法の一部改正や水銀による環境の汚染の防止に関する法律が制定されるなど、水銀に対する規制は、より厳しくなっている。

こうした状況を受けて、現在の香川県全域の環境大気中水銀濃度を把握するため、今まで調査を実施していない西讃地域や東讃地域など、県内各地で調査を実施することにした。しかし、環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアル⁵⁾（以下、環境省マニュアル）の方法では、捕集時間が24時間となっており、県内各地で調査を実施するには時間と労力がかかる。そのため、他の試料採取業務にあわせて短時間で水銀の調査ができるように、捕集時間が4時間程度の採取方法の条件を検討した。

II 方法

環境大気中の水銀濃度は、環境省マニュアルに従い、金アマルガム捕集加熱気化冷原子吸光法で測定されている。本マニュアルの採取条件は、吸引流速0.1～0.5 L/minで24時間捕集となっているが、捕集時間4時間程度の短

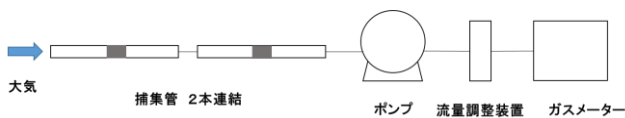


図1 短時間での水銀採取装置

表1 調査地点、調査日、測定方法

調査地点	調査日	測定方法
県環境保健研究センター (高松市)	H27/6/22	<ul style="list-style-type: none"> 環境省マニュアル方法 短時間採取方法
県東讃保健福祉事務所 (さぬき市津田)	H27/8/27	
県西讃保健福祉事務所 (観音寺市)	H28/2/3	
さぬき市長尾	H28/2/26	短時間採取方法

時間で、マニュアルと同程度の捕集量を得るための吸引流速や捕集剤の量（捕集管の本数）について検討した。

1 最大吸引流速の推定

捕集剤が破過しない最大流速を確認するために図1に示した装置を用いて捕集管2本を直列に繋ぎ、0.6、1.0、2.0、2.5、3.0、4.0 L/minの6段階の吸引流速で4時間サンプリングを実施し、それぞれの捕集管の水銀量を測定した。

2 捕集管の必要量（本数）の検討

捕集管3本を直列に繋ぎ、吸引流速2.0 L/minで4時間サンプリングを実施し、それぞれの捕集管の水銀捕集量から、1、2本目の捕集管の破過の有無を調査した。

採取条件検討の際のサンプリングについては、環境保健研究センター実験室内で実施した。

3 香川県内における環境大気中水銀濃度調査

県内各地の環境大気中水銀濃度及び本採取方法の有効性を確認するために、本方法と環境省マニュアルの方法を用いて県内4地点で大気中水銀濃度の測定を実施した。調査地点、調査日、測定方法を表1、図2に示す。

なお、吸引流速、捕集管本数、捕集時間以外の条件については、環境省マニュアルに従って実施した。測定機器は、日本インスツルメンツ（株）製の気中水銀測定装置WA-5Aを使用した。

III 結果及び考察

1 短時間採取方法の条件検討

(1) 最大吸引流速の推定

図3に吸引流速と水銀捕集量の比較結果を示す。吸引流速2.0 L/minまでは、水銀捕集量が吸引流速に比例して増加したが、吸引流速2.5 L/min以上では、近似曲線から予想される量より少なくなっていた。これは、吸引流速



図2 調査地点

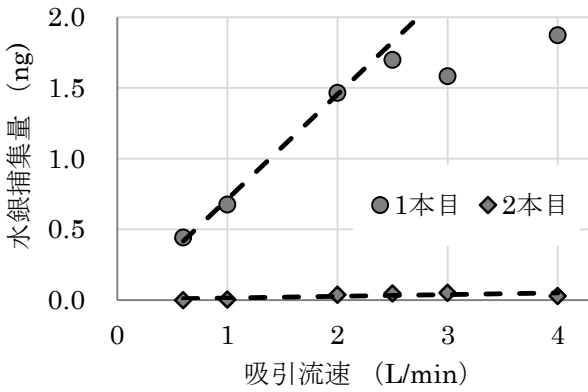


図3 吸引流速と水銀捕集量の関係

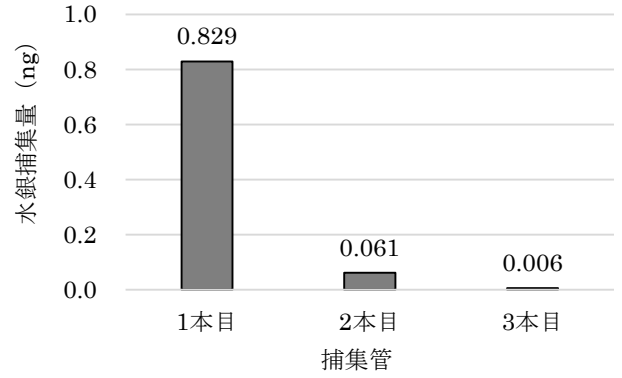


図4 捕集管本数の検討結果

表2 吸引流速比較実験の条件

条件	吸引流速	捕集管本数	捕集時間
①	0.3L/min	1本	24時間
②	0.9L/min	2本	24時間
③	2.0L/min	2本	24時間

が速すぎたため、一部の水銀が捕集管に吸着されずに通り過ぎてしまったものと考えられる。また、吸引流速 3.0L/min については、水銀捕集量が吸引流速 2.5L/min よりも低くなっており、吸引流速が速すぎると、安定した結果が得られないことがわかった。

2本目の捕集管の水銀捕集量は、少量であるが確認できた。しかし、吸引流速が速くなっても、2本目捕集管への水銀捕集量は少量しか増加しておらず、吸引流速が速すぎると、捕集管への吸着自体が阻害されるものと考えられる。

(2) 捕集管の必要量(本数)の検討

図4に捕集管本数の検討結果を示す。2本目の捕集管からは少量であるが水銀が検出され、1本目の捕集管を通過していることが確認された。しかし、3本目からは、ほとんど検出されず、2本を直列に繋ぐことで、環境省マニュアルの方法と同程度の水銀量を捕集できると考えられた。

(3) 各吸引流速における測定結果の比較

吸引流速を0.5L/minより速くした場合、捕集管への水銀の吸着が安定しない可能性がある。そこで、吸引流速 2.0L/min で正確な測定結果が得られるか確認するために表2に示した条件で同日時、同地点で測定を実施し、その結果を比較した。図5にその結果を示す。条件①は

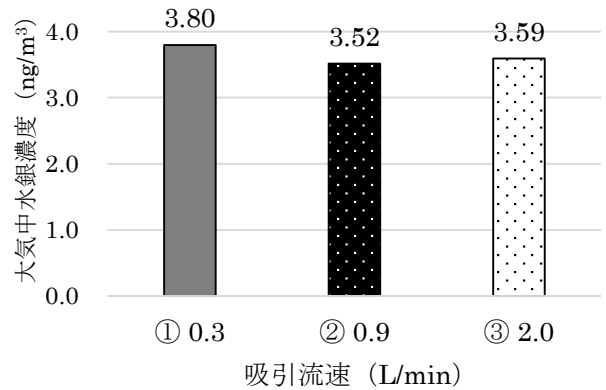


図5 各吸引流速における測定結果

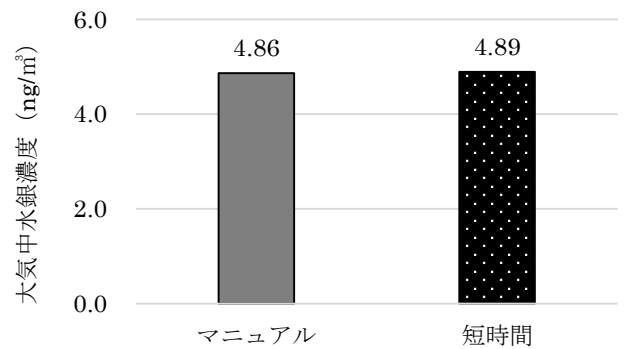


図6 環境省マニュアルの方法との比較

環境省マニュアルの方法と同条件であり、全ての条件で同等の大気中水銀濃度となっていたことから、吸引流速を 2.0L/min に速めても正確な測定結果が得られることが確認できた。

(4) 各採取方法における測定結果の比較

捕集時間4時間での採取方法の有効性を確認するために、本方法と、環境省マニュアルによる方法で測定を実施した。図6にその結果を示す。同日時、同地点で測定を実施し、二つの測定方法で同等の結果が得られた。

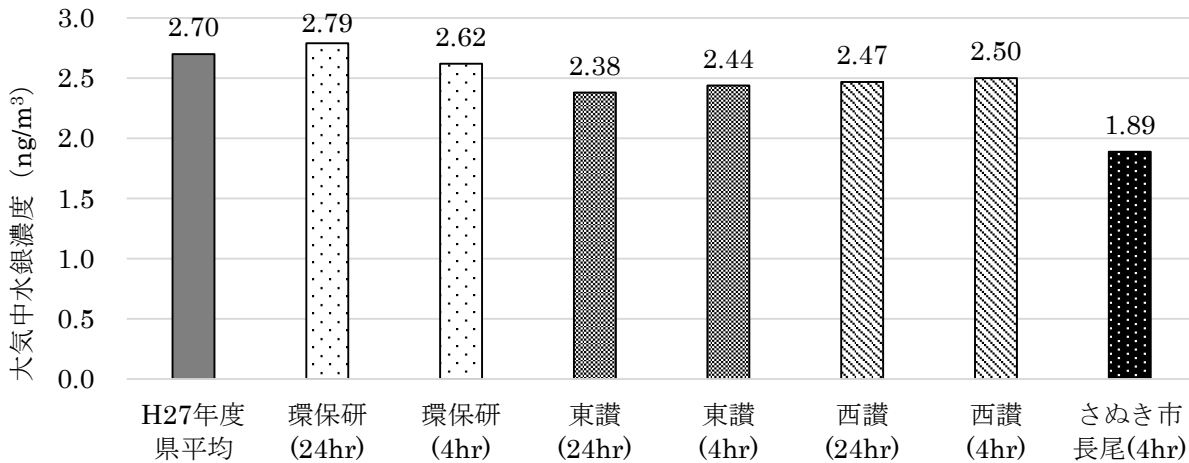


図7 香川県内における環境大気中水銀濃度測定結果

(1)～(4)の結果から、吸引流速2.0 L/min未滿かつ捕集管本数2本とすることで、4時間での環境大気試料の採取が可能であることが確認できた。

2 香川県内における環境大気中水銀濃度調査

図7に香川県内における環境大気中水銀濃度測定結果を示す。県環境保健研究センター、県東讃保健福祉事務所、県西讃保健福祉事務所の3地点については、環境省マニュアルの方法と短時間採取方法の両方で測定を実施し、さぬき市津田については、短時間採取方法のみで測定を実施した。

短時間採取方法と環境省マニュアルの方法の結果を比較すると、3地点全てについて、同等の結果が得られた。このことから本方法の有効性が確認できた。県環境保健研究センター、県東讃保健福祉事務所、県西讃保健福祉事務所の3地点については、2.4～2.8ng/m³で平成27年度香川県平均値とほぼ同等の値であった。一方、さぬき市長尾については、1.9ng/m³で香川県平均値よりやや低い結果であった。

IV まとめ

本研究によって、吸引流速2.0L/min未滿かつ捕集管2本を直列にすることによって、捕集時間4時間での大気中水銀濃度の測定が可能であることがわかった。本方法によるサンプリングは基本的に昼間4時間で実施することになり、大気中水銀濃度の日内変動が大きい場合、影響を受けることが懸念される。本県の過去の調査から、昼間と夜間で大気中水銀濃度に大きな差はみられなかったが、廃棄物焼却

施設等の発生源周辺を含めた多地点で測定を実施し、データを収集し、短時間採取方法の有効性を確認する必要がある。

また、本方法を用いれば、大気中の水銀濃度調査が容易になるだけでなく、災害時における環境測定等、迅速な情報収集が求められるような場合にも活用できると考えられる。今後は、緊急時の指針値超過の有無をより短時間で判定できる方法に応用していきたい。

なお、本研究の内容は、第57回大気環境学会年会において、ポスター発表を行っている⁶⁾。

文献

- 1) Fitzgerald, W.F., D.R. Engstrom, R.P. Mason and E.A. Nater: The case for atmospheric mercury contamination in remote area, Environ.Sci. Technol., 32, 1-7(1998)
- 2) 板野一臣:海産魚介類等に含まれる水銀とその評価, 生活衛生, 51, 57-65, (2007)
- 3) 環境省:水銀に関する水俣条約の国内対応検討委員会報告書(2014)
- 4) 環境省水・大気環境局長:大気汚染防止法の一部を改正する法律等の施行について, 環水大大発第1609264号(平成28年9月26日)
- 5) 環境省:有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成23年3月)
- 6) 池田光広, 本田雄一:環境大気中水銀の短時間採取方法の検討, 第57回大気環境学会年会講演要旨集, 287, (2016)